

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : H01M 8/04		A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/13871
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 9. Mai 1996 (09.05.96)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE95/01388		(81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 6. Oktober 1995 (06.10.95)			
(30) Prioritätsdaten: P 44 37 413.5 19. Oktober 1994 (19.10.94) DE		Veröffentlicht Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): REITER, Kurt [DE/DE]; Erwin-Rommel-Strasse 10, D-91058 Erlangen (DE). CHMELIK, Pavel [CZ/DE]; Wicherstrasse 18, D-91052 Erlangen (DE). LEHMEIER, Jürgen [DE/DE]; Kasseler Strasse 5, D-31737 Rinteln (DE).			
(54) Titel: FUEL CELL PLANT WITH UTILIZATION OF THE CATHODE HEAT, AND PROCESS FOR OPERATING IT			
(54) Bezeichnung: BRENNSTOFFZELLENANLAGE MIT WÄRMENUTZUNG DES KATHODENGASES UND VERFAHREN ZUM IHREM BETRIEB			
(57) Abstract			
<p>It is current practice in a high-temperature fuel cell plants to divide the cathode exhaust gas in particular into two partial streams, one of which is recirculated into the cathodes and the other used for heating, in which branching takes place by relatively sophisticated technical means directly at the gas outlets at about the operating temperature of the fuel cells. In order to simplify these means, all the cathode exhaust gas is to be taken via a heat exchanger to a branch with two partial lines, in which the first partial line opens into the cathodes via an air-mixing position and the heat exchanger and the second opens into means for raising the temperature. Thus the branching of the hot cathode exhaust gas is avoided and the heat of all the cathode exhaust gas is used to heat the partial cathode exhaust gas flow taken back into the cathodes. The invention is applicable especially and preferably to fuel cells with an operating temperature of over 600 °C. Such fuel cells are carbonate melt and solid electrolyte types.</p>			

(57) Zusammenfassung

Derzeit ist es bei einer Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage üblich, insbesondere das Kathodenabgas in zwei Teilströme aufzuteilen, von denen einer wieder in die Kathoden rezirkuliert und der andere zur Wärmenutzung abgeführt wird, wobei die Verzweigung mit relativ hohem technischen Aufwand unmittelbar an den Gasauslässen bei etwa der Betriebstemperatur der Brennstoffzellen durchgeführt wird. Zur Verringerung dieses Aufwandes ist eine Zuführung des gesamten Kathodenabgases über einen Wärmetauscher zu einer Verzweigung mit zwei Teilleitungen vorgesehen, wobei die erste Teilleitung über eine Zumischstelle für Luft und den Wärmetauscher in die Kathoden mündet, und wobei die zweite Teilleitung in Mitteln zur Temperaturerhöhung mündet. Auf diese Weise wird eine Verzweigung des heißen Kathodenabgases vermieden und die Wärme des gesamten Kathodenabgases zur Aufheizung des wieder in die Kathoden eingeleiteten Kathodenabgasteilstroms genutzt. Die Erfindung ist im besonderen bei Brennstoffzellen mit Betriebstemperaturen oberhalb 600 °C bevorzugt einsetzbar. Solche Brennstoffzellen sind die Karbonatschmelze- und die Festelektrolyt-Brennstoffzelle.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Oesterreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	L1	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

Beschreibung**BRENNSTOFFZELLENANLAGE MIT WÄRMEVERNUTZUNG DES KATHODENABGASES UND VERFAHREN ZU IHREM BETRIEB**

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Brennstoffzellenanlage, insbesondere eine Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage, mit mindestens einem Brennstoffzellenblock mit einem Anoden- und einem Kathodenteil sowie auf ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Brennstoffzellenanlage.

10

Eine Brennstoffzelle enthält eine Anode und eine Kathode, die durch einen unmittelbar anliegenden ionenleitenden Elektrolyten getrennt sind. Dieser Elektrolyt kann aus einer ionenleitenden Flüssigkeit oder aus einer Polymermembran oder, wie bei einer Hochtemperaturbrennstoffzelle, aus einem Festkörper, wie z.B. aus Zirkonoxid mit geringen Zusätzen von Ytriumoxid, bestehen. Der Elektrolyt einer Hochtemperaturbrennstoffzelle ist bei der Betriebstemperatur der Hochtemperaturbrennstoffzelle von etwa 1000° C sauerstoffionenleitend.

Durch geeignete Kanalsysteme wird der Brennstoff, meist Wasserstoff, zur Anode und der Sauerstoff oder die Verbrennungsluft zur Kathode geleitet und das bei der Umsetzung von Wasserstoff und Sauerstoff entstehende Wasser je nach Typ der Brennstoffzelle mit dem Anoden- oder dem Kathodenabgas aus der Brennstoffzelle ausgetragen. Eine Brennstoffzelle kann den Brennstoff mit höherem Wirkungsgrad und geringerer Belastung für die Umwelt in elektrische Energie umsetzen, als dies bisher bekannte konventionelle Verbrennungskraftmaschinen, deren Wirkungsgrad durch den sogenannten Carnot'schen Prozeß begrenzt ist, zu tun vermögen.

Bei heute laufenden Entwicklungsvorhaben versucht man zusätzlich auch die beim Betrieb von Brennstoffzellen, insbesondere beim Betrieb von Hochtemperaturbrennstoffzellen, anfallende Wärme auszunutzen. So geht die Entwicklung eines Hochtemperaturbrennstoffzellenkraftwerks in der Regel von der Kombina-

35

tion von Hochtemperaturbrennstoffzellen mit einer Gasturbine und gegebenenfalls einer der Gasturbine nachgeschalteten Dampfturbine aus, wobei die Hochtemperaturbrennstoffzelle die Funktion der Brennkammer der Gasturbine übernimmt.

5

Insbesondere sind in den aus dem Artikel von Dr. E. Erdle mit dem Titel "Hochtemperaturbrennstoffzelle SOFC-Stand der Forschung für eine neue Technik zur Stromerzeugung" in VDI Berichte Nr. 1029, 1993 und aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 40 21 097 A1 bekannten Einrichtungen zum Betreiben einer Hochtemperaturbrennstoffzelle jeweils eine Verzweigung für das kathodenseitig anfallende Kathodenabgas vorgesehen, an der ein Teil des Kathodenabgases einer Brennkammer zugeführt wird, und an der ein zweiter Teil des Kathodenabgases über einen Rekuperativ-Wärmetauscher zur Temperaturerniedrigung geleitet und anschließend mit einem Zustrom kühlerer Luft vermischt wird. Der Zustrom kühlerer Luft wird zusammen mit dem abgekühlten Teilstrom des Kathodenabgases über einen Verdichter und denselben Rekuperativ-Wärmetauscher zurück in die Kathodengasräume eingeführt. Der nicht-rezirkulierte Teil des Kathodenabgases wird in einem Brenner mit dem Anodenabgas verbrannt. Das Rauchgas dieses Verbrennungsprozesses wird üblicherweise einer Gasturbine zugeführt. Diese Schaltung ist thermodynamisch durchaus sinnvoll, hat jedoch den Nachteil, daß das etwa 1000° C heiße Kathodenabgas verzweigt werden muß. Hiermit ist ein hoher Aufwand bezüglich des Leitungssystems und der Verbindungs- und Schweißtechnik erforderlich.

Ein weiterer Nachteil dieser Schaltung ist es, daß die Menge des rezirkulierten Kathodenabgases einen bestimmten Anteil nicht unterschreiten darf, weil ansonsten die Wärmemenge zur Vorwärmung des der Brennstoffzelle zuzuführenden Kathodengases nicht mehr ausreichend sein könnte.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Brennstoffzellenanlage und ein Verfahren zu deren Betrieb anzugeben, bei denen in besonders einfacher Weise das Problem der

Abführung des Kathodenabgases und der Wärmenutzung des Kathodenabgases gelöst wird.

Bezüglich der Brennstoffzellenanlage wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß, ausgehend vom Kathoden- teil, eine Abgasleitung für das gesamte Kathodenabgas über einen Wärmetauscher zu einer Verzweigung mit zwei Teilleitungen vorgesehen ist, wobei die erste Teilleitung über eine Zumi-
schstelle für Luft und den Wärmetauscher in den Kathoden- teil mündet, und wobei eine zweite Teilleitung vorzugsweise in Mitteln zur Wärmenutzung, insbesondere über Mittel zur Temperaturerhöhung in den Mitteln zur Wärmenutzung, mündet.

Bezüglich des Verfahrens wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das gesamte aus dem Kathodenteil stammende Kathodenabgas abgekühlt und in mindestens zwei Kathodenabgasteilströme aufgeteilt wird, wobei ein erster Kathodenabgasteilstrom mit Luft ergänzt, aufgeheizt und in den Kathodenteil des Brennstoffzellenblocks geführt wird, und wobei vorzugsweise die Wärme des zweiten Kathodenabgasteilstroms genutzt wird.

Auf diese Weise ist es möglich, eine Verzweigung des heißen, aus den Kathodengasräumen austretenden Kathodenabgases zu vermeiden. Gleichzeitig wird die dem Kathodenabgas im Wärmetauscher entzogene Wärme dem in die Kathodengasräume einströmenden Gasgemisch wieder zugeführt, wobei durch die Zuführung von frischer Luft eine Temperaturabsenkung, die sich günstig auf die Spezifikation eines Verdichters auswirkt, und eine Anhebung des Sauerstoffgehaltes des in die Kathodengasräume eintretenden Gasgemisches erzielt werden. Zur Auslegung dessen, was mit Zuführung über einen Wärmetauscher zu einer Verzweigung gemeint ist, sei angemerkt, daß eine Aufteilung des Kathodenabgases in mindestens zwei Teilströme auch bereits im oder am Wärmetauscher bei entsprechend niedriger Kathodenabgastemperatur vorgesehen sein kann.

Durch diese Schaltung ist es weiter sichergestellt, daß die im Wärmetauscher verfügbare Wärmemenge zur Vorwärmung des in die Brennstoffzelle zuführenden Kathodengases für alle Kathodenabgasaufteilungen ausreichend ist.

5

Eine vorteilhafte Ausführungsform kann es vorsehen, daß zwischen dem Wärmetauscher und der Zugabestelle für Luft ein Verdichter angeordnet ist. Aufgrund der Luftpumpe wird die Temperatur des Kathodenabgasteilstroms abgesenkt, so daß ein

10 besonders einfacher ausgestalteter und preiswerter Luftverdichter, insbesondere ein Saugzuggebläse, eingesetzt werden kann.

Alternativ kann es auch vorgesehen sein, ausgehend von der Verzweigung in der ersten Teilleitung in der genannten Reihenfolge einen ersten weiteren Wärmetauscher und einen Verdichter vor der Zumischstelle für Luft anzurufen, wobei der Zumischstelle die Luft über den ersten weiteren Wärmetauscher zuführbar ist. In diesem Fall wird die Temperatur des Kathodenabgasteilstromes durch den ersten weiteren Wärmetauscher abgesenkt, so daß wieder ein vorstehend genannter Verdichter

20 vorgesehen sein kann. Die der Zugabestelle zugeführte Luft wird durch die dem Kathodenabgasteilstrom entzogene Wärme aufgeheizt und kann dem Kathodenabgasteilstrom vor dem Wärmetauscher zugeführt werden.

25 In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann das Mittel zur Temperaturerhöhung ein zweiter weiterer Wärmetauscher sein, wobei die zweite Teilleitung von dem zweiten weiteren Wärmetauscher in den Eintritt einer Turbine weitergeführt ist, und wobei eine Rauchgasleitung vorgesehen ist,

30 die über den zweiten weiteren Wärmetauscher in den Austritt der Turbine mündet. Auf diese Weise ist es möglich, über die Rauchgasleitung herangeführte Wärme an den zweiten Kathodenabgasteilstrom abzugeben. Auf diese Weise wird ein Gasgemisch mit relativ hohem Massenstrom und relativ hoher Temperatur in

35 den Turbineneintritt eingespeist, so daß bei der Entspannung des heißen und immer noch auf dem Druck bei Kathodenaustritt

befindlichen Gasgemisches eine besonders hohe Leistungsausbeute an der Gasturbine erzielt wird.

In ebenso vorteilhafter Weise kann alternativ das Mittel zur Temperaturerhöhung eine Brennkammer sein, an die eingangsseitig neben der zweiten Teilleitung eine Zuführungsleitung für ein aus dem Anodenteil des Brennstoffzellenblockes stammendes Gasgemisch und eine Zuführungsleitung für Luft sowie ausgangsseitig eine mit dem Eintritt der Turbine verbundene Leitung angeschlossen sind. Auf diese Weise wird der zweite Kathodenabgasteilstrom mittels der Verbrennung eines geeigneten Gasgemisches, hier des aus den Anodenteil stammenden Abgases und Luft, erhitzt, was sich in einer relativ hohen Eintrittstemperatur an der Turbine bemerkbar macht. Unter einem aus dem Anodenteil des Brennstoffzellenblockes stammenden Gasgemisches wird unter anderem das Anodenabgas selbst, aber auch ein zusätzlich um Brennstoff (Wasserstoff) reduziertes Anodenabgas oder auch ein zusätzlich um Brennstoff und Kohlendioxid reduziertes Anodenabgas, ein sogenanntes Anodenrestgas, verstanden.

Es ist darüberhinaus denkbar, ein brennbares Gasgemisch, das zusätzlich verfügbar sein kann, zusammen mit dem Anodenabgas zu verbrennen. Ein solches Gasgemisch kann beispielsweise bei der Brennstoffreformierung oder der Kohlevergasung anfallen.

Weiter vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

- FIG 1 das Prozeßschema einer Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage mit nachgeschalteter Gasturbine;
- FIG 2 das Prozeßschema einer gegenüber Figur 1 modifizierten Brennstoffzellenanlage; und

FIG 3 das Prozeßschema einer weiteren geringfügig gegenüber der Figur 2 modifizierten Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage.

5 In den Figuren 1 bis 3 gleiche Teile haben gleichen Bezugszeichen.

10 In dem in Figur 1 dargestellten Prozeßschema einer Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage 2 ist in schematischer Darstellung ein Hochtemperaturbrennstoffzellenblock 4 dargestellt, der in einen Anodenteil 6 mit nicht weiter dargestellten Anodengasräumen und einen Kathodenteil 8 mit nicht weiter dargestellten Kathodengasräumen aufgeteilt ist. Der Hochtemperaturbrennstoffzellenblock 4 ist im Ausführungsbeispiel aus einer Vielzahl von planar aufgebauten und nicht weiter dargestellten Hochtemperaturbrennstoffzellen zusammengesetzt und verfügt über eine elektrische Leistung von 40 Megawatt. An den Brennstoffzellenblock 4 ist ein Wechselrichter 10 angegeschlossen, der den von dem Brennstoffzellenblock 4 erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom für ein hier nicht weiter dargestelltes Stromnetz umwandelt.

25 Der Anodenseite 6 wird über eine Brennstoffzuführungsleitung 12 ein Wasserdampf-, Wasserstoff- und/oder Kohlenmonoxid-haltiges Brenngas 14 zugeführt, das zuvor in einem anodenseitigen Rekuperativ-Wärmetauscher 16 auf etwa 900° C aufgeheizt wird. Aus dem Anodenteil 6 tritt über eine Anodenabgasleitung 18 ein an Wasserstoff und/oder Kohlenmonoxid verarmtes Anodenabgas 20 mit einer Temperatur von etwa 1000° C aus. Das Anodenabgas 20 strömt über den Rekuperativ-Wärmetauscher 16 und gibt dort den größten Teil seiner Wärme an das in den Anodenteil 6 einströmende Brenngas 14 ab. Das Anodenabgas 20 wird im Ausführungsbeispiel direkt in eine Brennkammer 22 geleitet, in der der im Anodenabgas 20 enthaltene Restwasserstoff mit über einen Verdichter 24, der in einer Luftzuführungsleitung 25 angeordnet ist, herangeführter Luft verbrannt

wird. Das in der Brennkammer 22 entstehende Rauchgas 26 wird über eine Rauchgasleitung 28 einem ersten weiteren Wärmetauscher 30 zugeführt, in dem dem Rauchgas 26 Wärme entzogen wird. Die Rauchgasleitung 28 mündet hinter dem ersten weiteren Wärmetauscher 30 in eine am Turbinenaustritt 31 angeschlossene Turbinenaustrittsleitung 32. Das Rauchgas 28 hat daher beim Eintritt in die Turbinenaustrittsleitung 32 etwa die Temperatur des die Turbine 34 verlassenden Gases.

10 An den Kathodenteil 8 ist ausgangsseitig eine Kathodenabgasleitung 36 angeschlossen, über die ein etwa 1000°C heißes Kathodenabgas 38 über einen kathodenseitigen Rekuperativ-Wärmetauscher 40 einer Verzweigung 42 zugeführt wird. Von dieser Verzweigung 42 gehen eine erste und eine zweite Kathodenabgasteilleitung 44 bzw 46 für einen ersten und einen zweiten Kathodenabgasteilstrom 48 bzw 50 aus. Die erste Kathodenabgasteilleitung 44 wird von der Verzweigung 42 über eine Zugabestelle 52 für Luft, ein Kreislaufgebläse 54 und den Wärmetauscher 40 in die nicht weiter dargestellten Kathodengasräume des Kathodenteils 8 geführt. Der Zugabestelle 52 für Luft wird über eine Luftzuführungsleitung 56 und einen darin angeordneten Verdichter 58 vergleichsweise kühle Luft zugeführt. Dies führt zu einer Temperaturabsenkung des mit Luft angereicherten ersten Kathodenabgasteilstroms 48. Das Kreislaufgebläse 54 kann daher bei Betriebstemperaturen unter 600°C betrieben werden, was sich vorteilhaft auf den Preis und die Ausführung des Kreislaufgebläses 54 auswirkt. Der erste Kathodenabgasteilstrom 48 macht etwa 50 bis 90%, vorzugsweise etwa 60 bis 80%, des an die Verzweigung 42 herangeführten Kathodenabgases 38 aus. Im Wärmetauscher 40 wird der erste Kathodenabgasteilstrom 48 mittels der vom Kathodenabgas 38 abgegebenen Wärme auf etwa 850 bis 900°C aufgeheizt.

35 Der an der Verzweigung 42 verbleibende Teil des Kathodenabgases 38 wird als zweiter Kathodenabgasteilstrom 50 über den Wärmetauscher 30 an den Eintritt 60 der Turbine 34 geführt. Mittels der von dem Rauchgas 26 im Wärmetauscher 30 abgegebene-

nen Wärme wird der zweite Kathodenabgasteilstrom 50 auf eine besonders hohe Turbineneintrittstemperatur aufgeheizt, um eine möglichst hohe Leistung bei der Entspannung des zweiten Kathodenabgasteilstroms 50 in der Turbine 34 zu erzielen. Das aus der Turbine 34 austretende Gasgemisch kann über ein Drosselventil 62 bei geöffneter Stellung des Ventils 62 ins Freie entweichen oder aber bei ganz geschlossener oder angedrosselter Ventilstellung in einen Dampferzeuger 64 und von dort ins Freie geführt werden. Der mit Wasser 66 versorgte Dampferzeuger 64 liefert Prozeßdampf 68, der in einer hier nicht weiter dargestellten Dampfturbine genutzt werden kann. Ein Teil des Prozeßdampfes 68 kann auch in das Brenngas 14 eingespeist werden, wo es zur Reformierung eines kohlenstoffhaltigen Brenngases dient. Bei einem Wasserdampfüberschuß im Brenngas kann eine üblicherweise bei der Reformierung von Erdgas zu Wasserstoff und Methan auftretende Rußbildung weitgehend vermieden werden.

Es sei nochmals wiederholt, daß sich das vorstehend erläuterte Prozeßschema durch vier besondere Vorteile auszeichnet. Erstens wird das heiße aus dem Kathodenteil 8 austretende Kathodenabgas 38 erst nach seiner Abkühlung im kathodenseitigen Wärmetauscher 40 verzweigt. Zweitens ist die Zugabestelle 52 für Luft in Strömungsrichtung des ersten Kathodenabgasteilstroms 48 vor dem Kreislaufgebläse 54 angeordnet, so daß durch die Zugabe der vergleichsweise kühlen verdichteten Luft die Temperatur des dem Kreislaufgebläse 54 zuströmenden ersten Kathodenabgasteilstrom 48 erheblich erniedrigt ist. Drittens wird durch die Nutzung des Wärmeinhaltes des Rauchgases 26 im ersten weiteren Wärmetauscher 30 die Temperatur des zweiten Kathodenabgasteilstrom 50 erheblich angehoben, was gleichzeitig einer höheren Gaseintrittstemperatur am Eingang 60 der Turbine 34 entspricht. Viertens ist eine ausreichende Vorwärmung des Kathodenabgasteilstroms 48 immer und unabhängig von der Aufteilung des Kathodenabgases 38 an der Verzweigung 42 gewährleistet.

Die mittels der Turbine 34 erzeugte Antriebsleitung wird im Ausführungsbeispiel zum Antreiben des Luftverdichters 58, eines Generators 70 und des Luftverdichters 24 genutzt. Die vorstehend genannten Komponenten sind auf einer gemeinsamen 5 Welle 72 angeordnet. Dabei kann der Generator in vorteilhafter Weise auch als Motor zum Anfahren der Turbine 34 betrieben werden.

Eine geringfügig gegenüber der Figur 1 modifizierte Brennstoffzellenanlage 74 ist in Figur 2 dargestellt. Diese Brennstoffzellenanlage 74 unterscheidet sich von der in Figur 1 gezeigten Anlage einzig allein in einer Modifizierung der Zuführung von Frischluft zur Zugabestelle 52 im ersten Kathodenabgasteilstrom 48. In Strömungsrichtung des ersten Kathodenabgasteilstroms 48 nach der Verzweigung 42 ist nun zunächst ein zweiter weiterer Wärmetauscher 76, dann das Kreislaufgebläse 54 und daran anschließend die Zugabestelle 52 angeordnet. Die mittels des Luftverdichters 58 herangeführte Luft wird nun im zweiten weiteren Wärmetauscher 76 aufgeheizt, was zur beabsichtigten und vorteilhaften Temperaturabsenkung des ersten Kathodenabgasteilstroms 48 führt. Das Kreislaufgebläse 54 muß daher auch in diesem Ausführungsbeispiel den ersten Kathodenabgasteilstrom 48, der eine vergleichsweise niedrige Temperatur aufweist, fördern. Die anschließend der Zugabestelle 52 zugeführte und bereits erwärmte Luft strömt von dort zusammen mit dem ersten Kathodenabgasteilstrom 48 zum kathodenseitigen Wärmetauscher 40.

Figur 3 zeigt eine gegenüber der Figur 2 modifizierte Brennstoffzellenanlage 78. Die Modifizierungen betreffen hier den zweiten Kathodenabgasteilstrom 50 sowie die Führung des Anodenabgases 20. Die zweite Teilleitung 46 für den zweiten Kathodenabgasteilstrom 50 wird nun ausgehend von der Verzweigung 42 über eine Brennkammer 80 an den Eintritt 60 der Turbine 34 geführt. Die Anodenabgasleitung 18 wird nun über einen Anodenabgasverdichter 82 in die Brennkammer 80 geführt. Außerdem zweigt von der Luftzuführungsleitung 56 eine Teil-

leitung 84 ab, die ebenfalls in die Brennkammer 80 mündet. Die Brennkammer 80 dient im Ausführungsbeispiel als Mittel zur Temperaturerhöhung. Die bei der Verbrennung des Anodenabgases 20 mit der Luft und dem zweiten Kathodenabgasteilstrom 5 50 freigesetzte Wärme führt dazu, daß der in den Eintritt 60 der Turbine 34 einströmende zweite Kathodenabgasteilstrom 50 eine vergleichsweise hohe Eintrittstemperatur und einen vergleichsweise hohen Massenstrom aufweist, was sich vorteilhaft auf die mit der Turbine 34 erzielbare Leistung auswirkt.

10 Gleichzeitig können der Abgasmassenstrom und damit auch die Abgasverluste gegenüber der Schaltung gemäß Figur 2 verringert werden. Der Verdichter 82, der das Anodenabgas 20 auf den Druck des Kathodenabgastroms 38 bringt, wird im Ausführungsbeispiel über die Welle 72 von der Turbine 34 angetrieben.

15

In einer hier nicht weiter dargestellten Alternative kann das Anodenabgas 20 zusätzlich vor der Verdichtung im Verdichter 20 82 einer Gaszerlegung unterzogen werden. In dieser Gaszerlelung können inerte Bestandteile im Anodenabgas 20, insbesondere Kohlendioxid, entfernt werden. Dies führt zwar einerseits zur Verringerung des Massenstroms des Anodenabgases 20, andererseits aber zu einer Steigerung der Temperatur in der Brennkammer 80, weil in der Brennkammer 80 inerte Gasbestandteile, wie z.B. das Kohlendioxid, nicht mehr aufgeheizt werden müssen.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellenanlage (2, 74, 78), insbesondere Hochtemperaturbrennstoffzellenanlage, mit mindestens einem Brennstoffzellenblock (4) mit einem Anodenteil (6) und einem Kathodenteil (8),

5 dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von dem Kathodenteil (8) eine Abgasleitung (36) für das gesamte Kathodenabgas (38) über einen Wärmetauscher (40) zu einer Verzweigung (42) mit zwei Teilleitungen (44, 46) vorgeschen ist, wobei die erste Teilleitung (44) über eine Zumi-
10 mischstelle (52) für Luft und den Wärmetauscher (40) in den Kathodenteil (8) mündet, und wobei die zweite Teilleitung (46) vorzugsweise in Mitteln (34) zur Wärmennutzung, insbe-
15 sondere über Mittel zur Temperaturerhöhung (30, 80) in den Mitteln (34) zur Wärmennutzung, mündet.

2. Brennstoffzellenanlage (2) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß in der
20 ersten Teilleitung (44) zwischen dem Wärmetauscher (40) und der Zugabestelle (52) für Luft ein Kreislaufgebläse (54) angeordnet ist.

3. Brennstoffzellenanlage (74, 78) nach Anspruch 1,

25 dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von der Verzweigung (42) in der ersten Teilleitung (44) in der genannten Reihenfolge ein erster weiterer Wärmetauscher (76) und ein Kreislaufgebläse (54) vor der Zumischstelle (52) für Luft angeordnet sind, wobei der Zumischstelle (52) die
30 Luft über den ersten weiteren Wärmetauscher (76) zuführbar ist.

4. Brennstoffzellenanlage (2, 74) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

35 dadurch gekennzeichnet, daß ein Mittel zur Temperaturerhöhung ein zweiter weiterer Wärmetauscher (30) ist, wobei die zweite Teilleitung (46) von dem zweiten

weiteren Wärmetauscher (30) in den Eintritt (60) einer Turbine (34) weitergeführt ist, und wobei eine Rauchgasleitung (28) vorgesehen ist, die über den zweiten weiteren Wärmetauscher (30) in den Austritt der Turbine (34) mündet.

5

5. Brennstoffzellenanlage (2, 74) nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die Rauchgasleitung (28) von einer Brennkammer (22) ausgeht, an die eingangsseitig eine Zuführungsleitung (18) für ein aus dem Anodenteil (6) des Brennstoffzellenblocks (4) stammendes Gasgemisch (20) und eine Luftzuführungsleitung (25) angeschlossen sind.

10 6. Brennstoffzellenanlage (78) nach einem der Ansprüche 1 bis
15 3,

dadurch gekennzeichnet, daß ein Mittel zur Temperaturerhöhung eine Brennkammer (80) ist, an die eingangsseitig neben der zweiten Teilleitung (46) eine Zuführungsleitung (18) für ein aus dem Anodenteil (6) des Brennstoffzellenblocks (4) stammendes Gasgemisch (20) und eine Zuführungsleitung (84) für Luft, sowie ausgangsseitig eine mit dem Eintritt (60) einer Turbine (34) verbundenen Leitung (46) angeschlossen sind.

20 25 7. Brennstoffzellenanlage (2, 74, 78) nach einem der Ansprüche 4 bis 6,

dadurch gekennzeichnet, daß ein Verdichter (24, 58) für die Luftzuführung über eine Welle (72) mit der Turbine (34) verbunden ist.

30

8. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, daß ein Generator (70) über die Welle (72) mit der Turbine (34) verbunden ist.

35

9. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, daß ein Ver-

dichter (82) für das aus dem Anodenteil (6) des Brennstoffzellenblocks (4) stammende Gasgemisch (20) über die Welle (72) mit der Turbine (34) verbunden ist.

5 10. Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenanlage (2, 74, 78) mit mindestens einem Brennstoffzellenblock (4) mit einem Anodenteil (6) und einem Kathodenteil (8), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß das gesamte aus dem Kathodenteil (8) stammende Kathodenabgas (38) abgekühlt und in mindestens zwei Kathodenabgasteilströme (48, 50) aufgeteilt wird, wobei ein erster Kathodenabgasteilstrom (48) mit Luft ergänzt, aufgeheizt und in den Kathodenteil (8) des Brennstoffzellenblocks (4) geführt wird, und wobei vorzugsweise die Wärme des zweiten Kathodenabgasteilstroms (50) genutzt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, daß der erste Kathodenabgasteilstrom (50) vor dem Aufheizen verdichtet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, daß der erste Kathodenabgasteilstrom (48) vor der Ergänzung mit Luft abgekühlt und verdichtet wird, wobei die bei der Abkühlung gewonnene Wärmeenergie zur Luftvorwärmung genutzt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Kathodenabgasteilstrom (50), vorzugsweise nach Aufheizen, in einer Turbine (34) entspannt wird.

1/3

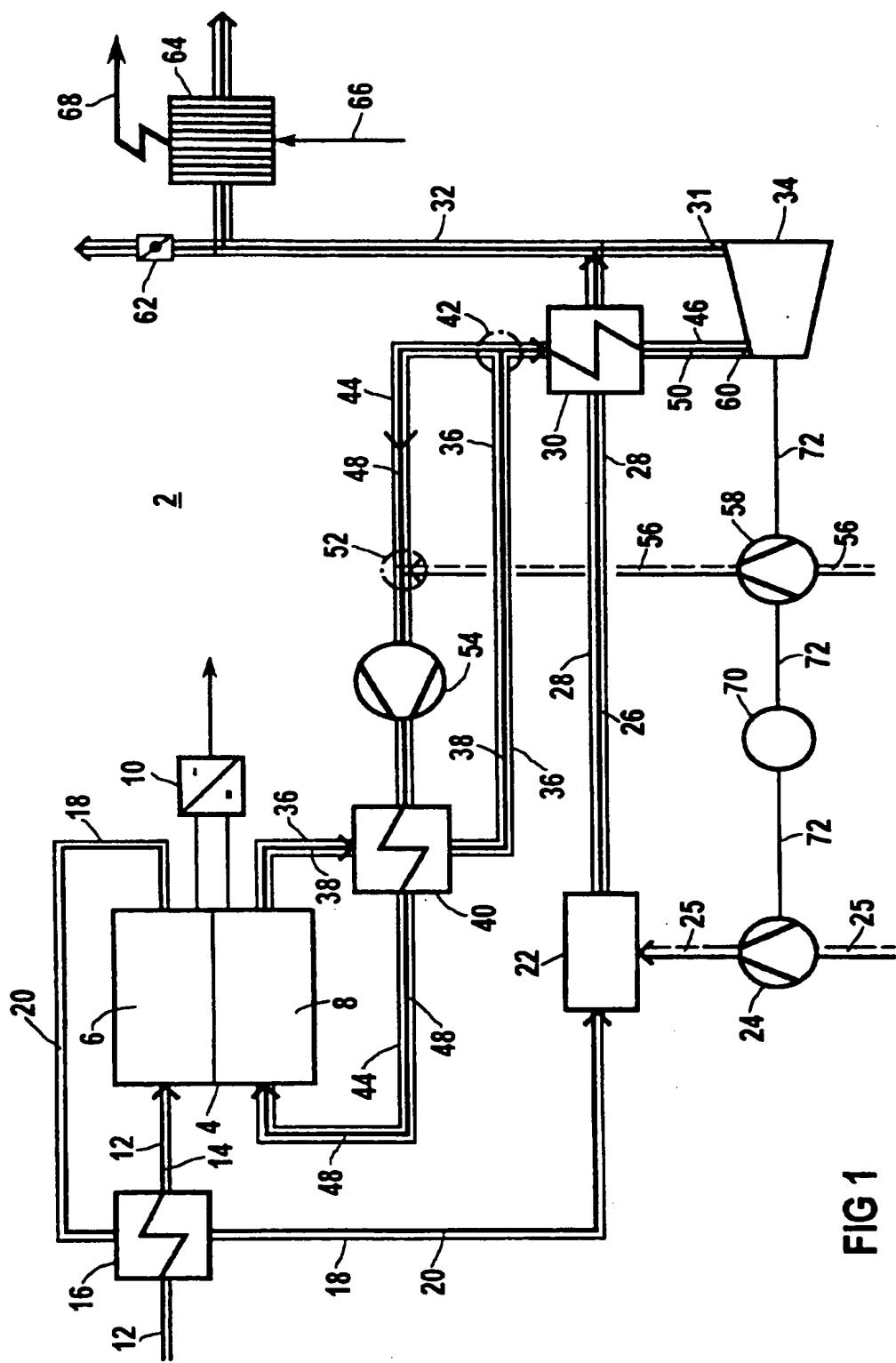


FIG 1

2/3

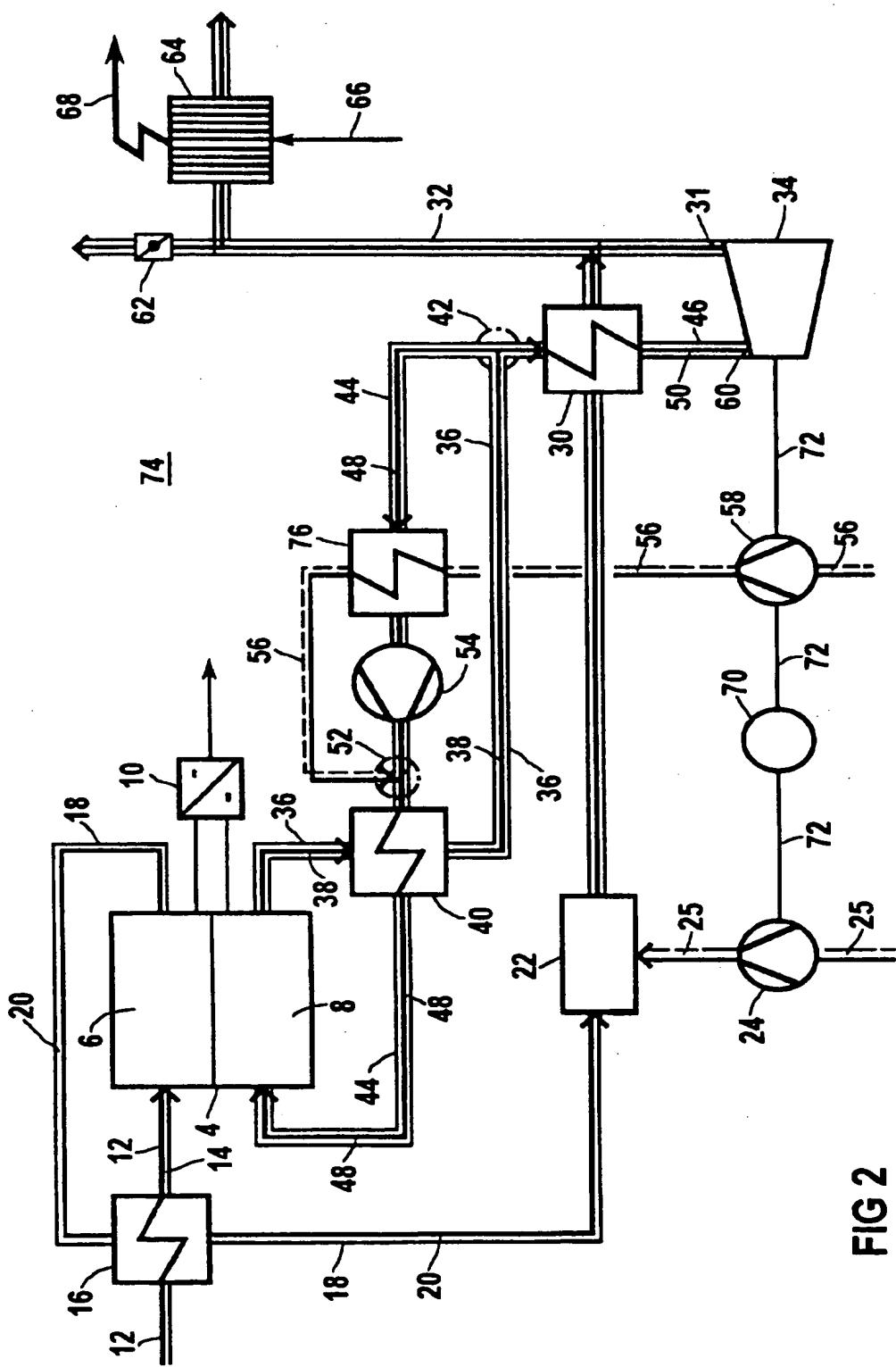


FIG 2

3/3

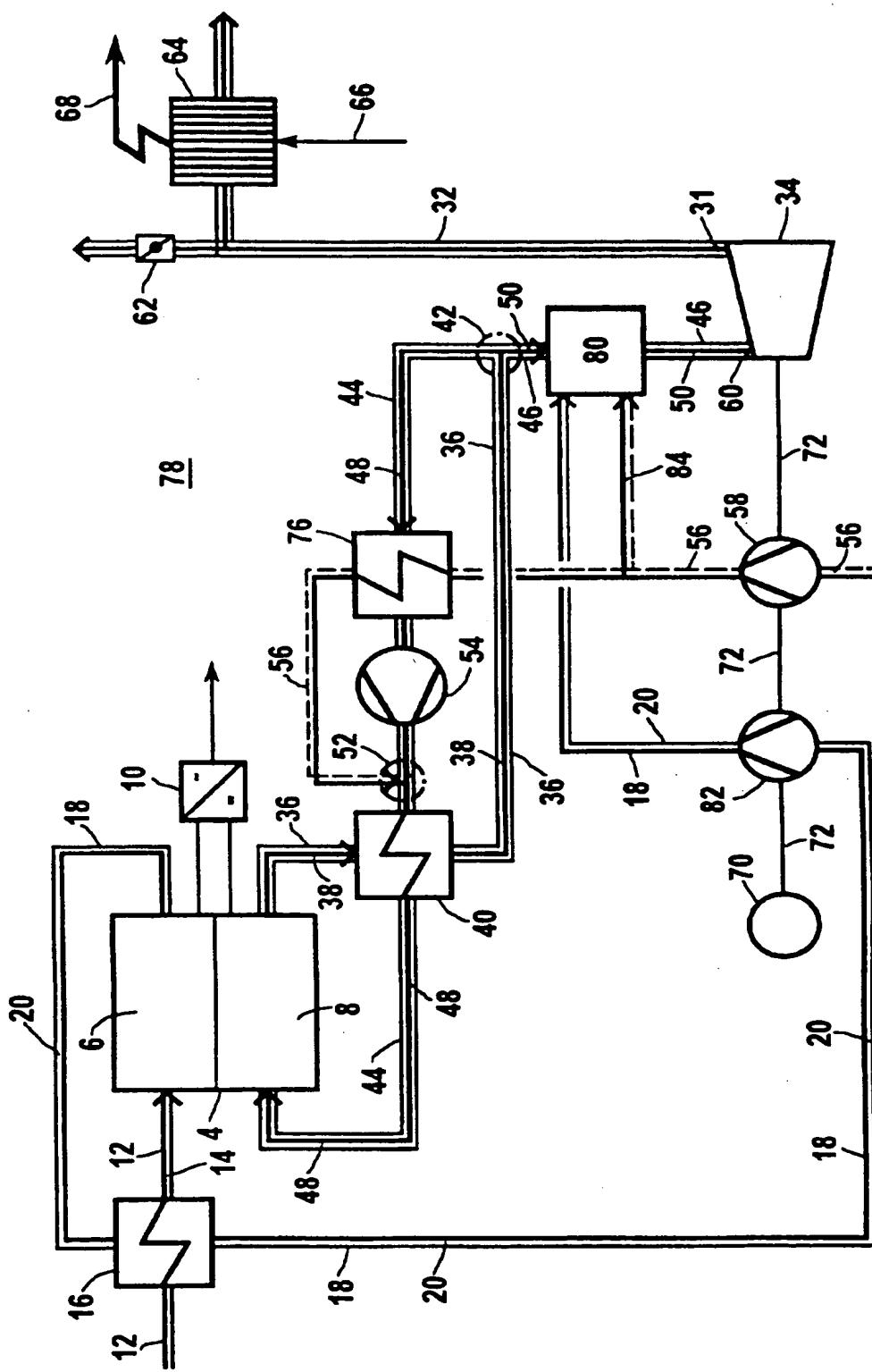


FIG 3